



内蒙古敖汉旗朝吐沟组的地质时代

张德军^{1,2,3}, 温升福⁴, 李雨柯⁵, 张渝金^{1,2}

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034; 2. 中国地质调查局 东北地质科技创新中心, 辽宁 沈阳 110034; 3. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037; 4. 中国地质调查局, 北京 100037; 5. 中国地质调查局 牡丹江自然资源综合调查中心, 牡丹江 157000

摘 要: 对采自大兴安岭南部朝吐沟组建组剖面的酸性火山岩(流纹岩)样品开展锆石 U-Pb LA-ICP-MS 年代学分析, 测试结果显示: 样品具有岩浆成因的特征, 加权平均年龄为 374 ± 10 Ma, 指示该酸性火山岩形成于晚泥盆世, 发育该套火山岩的朝吐沟组为晚泥盆世地层。研究认为沿华北板块北缘展布的朝吐沟组火山-沉积建造形成于晚泥盆世一个次稳定—非稳定的被动陆缘盆地沉积环境, 这对更准确地认识大兴安岭乃至整个东北地区泥盆纪—石炭纪构造演化以及古地理格局具有重要意义。

关键词: 朝吐沟组; 锆石 U-Pb 年龄; 晚泥盆世; 华北板块; 大兴安岭

GEOCHRONOLOGY OF THE CHAOTUGOU FORMATION IN AOHAN QI, INNER MONGOLIA

ZHANG De-jun^{1,2,3}, WEN Sheng-fu⁴, LI Yu-ke⁵, ZHANG Yu-jin^{1,2}

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China; 2. Northeast China Geological Sci-Tech Innovation Center, CGS, Shenyang 110034, China; 3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 4. China Geological Survey, Beijing 100037, China; 5. Mudanjiang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Mudanjiang 157000, Heilongjiang Province, China

Abstract: The paper analyzes the zircon U-Pb LA-ICP-MS geochronology of the acid volcanic rock (rhyolite) samples from Chaotugou Formation type section in southern Daxinganling Mountains. The test results show that the samples are of magmatic origin with the weighted mean age of 374 ± 10 Ma, indicating the acid volcanic rock was formed in Late Devonian, and thus the Chaotugou Formation developed in the volcanic rock belongs to Late Devonian. It is concluded that the volcanic-sedimentary formation of Chaotugou Formation along the northern margin of North China Plate was formed in a substable-unstable passive continental margin basin sedimentary environment in Late Devonian, which is of great significance for more accurate understanding of the Devonian-Carboniferous tectonic evolution and paleogeographic pattern in Daxinganling Mountains and even Northeast China.

Key words: Chaotugou Formation; zircon U-Pb age; Late Devonian; North China Plate; Daxinganling Mountains

0 引言

内蒙古敖汉旗地处华北板块北缘, 赤峰—开原断

裂与西拉木伦河断裂之间, 属古亚洲洋构造域与滨太平洋构造域的叠加区域^[1]。古生代以来, 先后经历了

收稿日期: 2023-06-28; 修回日期: 2023-07-24. 编辑: 黄欣.

基金项目: 中国地质调查局“东北地区地层古生物地质调查”项目(DD20230220).

作者简介: 张德军(1987—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事古生物学与地层学研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//532413639@qq.com

通信作者: 温升福(1978—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事油气地质调查工作, 通信地址 北京市西城区阜外大街 45 号, E-mail//wenshengfu@mail.cgs.gov.cn

奥陶纪白乃庙岛弧与华北板块北缘碰撞增生,志留纪—泥盆纪造山伸展以及中生代古太平洋板块俯冲等重要演化阶段^[2-7],是探索和研究大兴安岭南缘与华北板块北缘构造演化及其古地理格局的关键地带。敖汉旗朝吐沟组以发育“双峰式火山岩”为特征^[8],其地质时代一直存在较大争议。1967年内蒙古区测二队在敖汉旗朝吐沟—老西沟一带创立该组,建组剖面为老西沟剖面^①。1:20万区调^①、1:5万矿调^②以及李文国等^[9]认为朝吐沟组变质火山岩与上覆富含动物化石的白家店组之间呈“整合接触”关系,进而推论其为早石炭世。然而,胡泽瑾通过地层发育特征,提出朝吐沟组为中上泥盆统沉积^[10],但因缺乏足够的证据而未被广泛引用。2014年以来,不少学者从年代学和古生物学出发对朝吐沟组的时代进行了探讨,分别将其置于晚泥盆世法门期^[8,11]、泥盆纪晚期^[12]、晚泥盆世—早石炭世^[1]、早石炭世杜内期^[13]、早石炭世晚期^[14]。可见,朝吐沟组的时代认识存在诸多分歧,有必要开展深入研究。

为了探讨敖汉旗朝吐沟组的地质时代,深化认识大兴安岭南缘与华北板块北缘地区泥盆纪—石炭纪的构造及古地理环境,本次研究对老西沟建组剖面的酸性火山岩(流纹岩)开展锆石 U—Pb LA—ICP—MS 年代学分析,旨在结合前人在朝吐沟剖面、西大山剖面以及邻区的相关研究成果,明确朝吐沟组的时代,认识晚泥盆世大兴安岭南缘(华北板块北缘)地区的沉积环境。

1 地质概况

研究区位于内蒙古敖汉旗敖吉乡老西沟一带,地理坐标:42°14'N—42°21'N,120°10'E—120°25'E,构造位置属华北板块北缘,地层区划属于华北地层大区华北板块北缘地层区的赤峰地层小区。区内晚古生代地层较发育,依次有:前坤头沟组(D_{1q})、朝吐沟组(D_{3ch})、白家店组(C_{2b})和酒局子组(C_{2-Pj})。

朝吐沟组区域上分布比较局限,见于敖汉旗朝吐沟、赤峰市七大分子及奈曼旗木匠沟等地,底界不清,与下泥盆统前坤头沟组和上石炭统—下二叠统酒局子组的接触关系不明,被上石炭统白家店组、中侏罗统蓝旗组、上更新统和(或)全新统不整合覆盖(或呈断层接触),后期被花岗岩脉和正长斑岩脉侵入。受 NNE 向断

裂的影响,主体近南北向展布,大面积出露于老西沟—朝吐沟—三家村一带(图1)。朝吐沟组主要由一套变质基性至中酸性熔岩、变火山碎屑岩夹绢英片岩及少量石英岩组成,岩石组合面貌在华北板块北缘地区独具特色,层位稳定,厚度大于2 000 m,作为岩石地层单位易于识别。

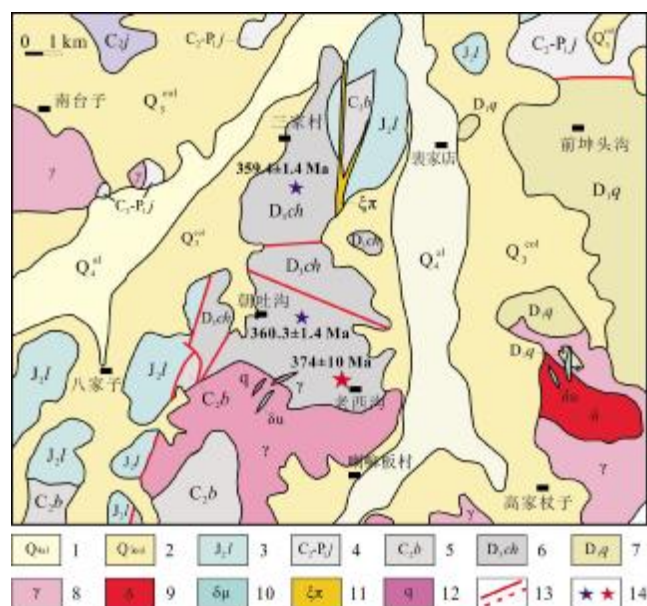


图1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the study area

1—全新统 (Holocene); 2—上更新统 (Upper Pleistocene); 3—兰旗组 (Lanqi fm.); 4—酒局子组 (Jiujuzi fm.); 5—白家店组 (Baijiadian fm.); 6—朝吐沟组 (Chaotugou fm.); 7—前坤头沟组 (Qiankuntougou fm.); 8—花岗岩 (granite); 9—闪长岩 (diorite); 10—闪长玢岩 (diorite porphyry); 11—正长斑岩 (syenite porphyry); 12—石英脉 (quartz vein); 13—实测、推测断层 (surveyed/inferred fault); 14—样品位置 (sampling location)

2 同位素测年

本次对采自内蒙古敖汉旗敖吉乡朝吐沟组老西沟剖面上的流纹岩样品(LCD-01,地理坐标:42°15'40.2"N,120°17'26.7"E)(图1、2)开展 LA—ICP—MS 锆石 U—Pb 同位素年代学研究。锆石挑选由河北省区域地质矿产调查研究所完成,锆石阴极发光图像(CL)分析在北京大学物理学院电镜室完成,锆石制靶和 U—Pb 同位素测定由中国地质大学(北京)科学研究院地质过程与

①地质部内蒙古自治区地质局第二区域地质测量队二分队。内蒙古1:20万下洼幅区域地质调查报告。1967。

②内蒙古自治区第十地质矿产勘查开发院。内蒙古敖汉旗中部地区1:5万金多金属矿产地质矿产调查报告。2007。

矿产资源国家重点实验室完成, 实验室采用的仪器、实验流程、锆石 U-Pb 同位素比值测定、年龄计算采用的国际标准程序以及普通铅校正方法详见文献 [15-18].



图 2 朝吐沟组流纹岩野外及镜下照片

Fig. 2 Field and microscopic photographs of rhyolite from Chaotugou Formation

实验测试流纹岩样品(LCD-01)中的 25 颗锆石. 测定的锆石主要为半自形—自形, 阴极发光图像(CL)显示, 锆石内部结构清晰, 发育典型的振荡型环带(图 3), 且具有高的 Th/U 比值 0.68-2.36 (表 1, 扫描首页 OSID 二维码可见), 说明其岩浆成因的特点 [19-20]. 25 个测试点中, 除 3 个不谐和年龄外, 其余均位于谐和线附近. 22 个测试点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $374\pm 10\text{ Ma}$ (图 4), 说明其形成于晚泥盆世.

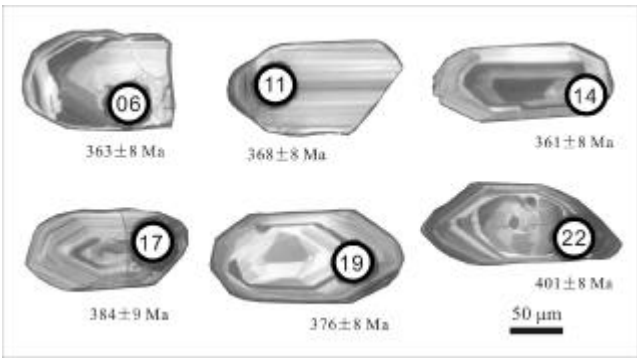


图 3 朝吐沟组流纹岩中部分测定锆石的阴极发光图像

Fig. 3 CL images of representative zircons in rhyolite from Chaotugou Formation

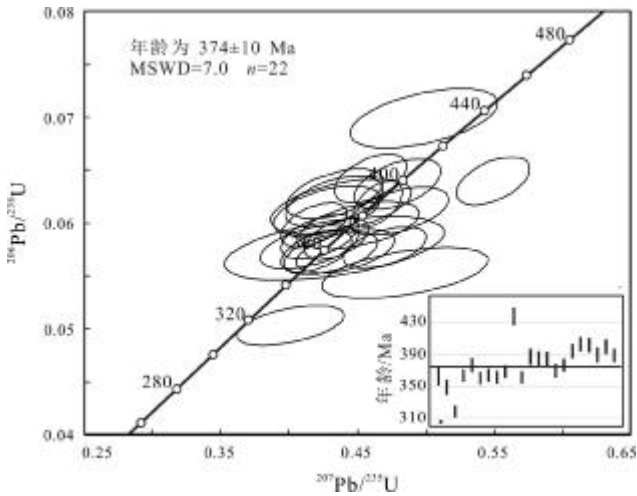


图 4 朝吐沟组流纹岩锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia diagram of rhyolite from Chaotugou Formation

3 地质时代探讨

朝吐沟组部分岩石如绢英片岩、石英岩等属中深度变质岩, 难以发现生物遗迹. 而相邻上覆地层的砂岩几乎未变质, 动物化石保存完好, 有学者认为二者间为“整合接触关系”, 进而推论朝吐沟组时代为早石炭世 [9]. 但早在 20 世纪 70 年代, 内蒙古地质局区测二队胡泽瑾就曾通过地层的发育特征提出朝吐沟组为中晚泥盆世沉积. 胡泽瑾提出了 5 点理由, 最主要的是在朝吐沟组建组地点发现一套数十米厚的凝灰质砾岩, 含有朝吐沟组火山岩砾石及大量花岗岩砾石, 而在砾岩层之上见有早石炭世腕足化石, 这表明朝吐沟组

与含化石的下石炭统之间存在较大的沉积间断^[10],但这一论断过去因缺乏足够的证据而未被广泛引用。随着火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年技术广泛运用于年代地层研究,孙立新等对敖汉旗朝吐沟剖面和西大山剖面的流纹岩开展了研究,分别获得 360.3 ± 1.4 Ma 和 359.4 ± 1.4 Ma 的年龄值(图1),认为朝吐沟组的时代为晚泥盆世法门期^[8,11]。叶浩等^[12]对赤峰莲花山地区划归朝吐沟组的2件流纹质熔结凝灰岩进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年,分别获得了 366 ± 2 Ma 和 364 ± 2 Ma 的同位素年龄,认为莲花山朝吐沟组火山岩形成时代为泥盆纪晚期。王森等对敖汉旗北部波罗和硕-萨力巴-步登皋一带原划为二叠系额里图组的火山岩开展了岩石学、同位素年代学及地球化学研究,在4件流纹岩样品中,分别获得了 361 ± 2 Ma、 359 ± 2 Ma、 350 ± 2 Ma 和 338 ± 2 Ma 的锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄,依据区域对比情况,将其厘定为朝吐沟组,并据此将朝吐沟组的时代置于晚泥盆世—早石炭世^[1]。2022年,地层学杂志发表的《中国石炭纪岩石地层划分和对比》一文,将朝吐沟组的时代置于早石炭世杜内期^[13]。生物地层方面,赵志飞等报道了在朝吐沟组建组剖面中基性火山岩间出露有一套灰色结晶灰岩与细砂岩、粉砂岩组合,于该沉积组合中发现 *Buxtonia liaoningensis*, *Gigantoproductus edelburgensis* 和 *Dictyodostus* sp.等腕足化石,认为朝吐沟组的时代应为早石炭世晚期^[14]。可见,朝吐沟组的时代认识存在诸多分歧,要从根本上解决朝吐沟组地质时代的问题,需要对建组剖面开展深入研究。

朝吐沟组是1965—1967年间由内蒙古区测二队创名于敖汉旗朝吐沟一带,建组剖面为老西沟剖面。李文国等将老西沟剖面定为朝吐沟组的正层型剖面^①,但将剖面名称修改为“朝吐沟剖面”^[9]。本次研究在敖汉旗朝吐沟组建组剖面(老西沟剖面)底部流纹岩中获得了 374 ± 10 Ma 的年龄值,同时,结合前人在建组剖面周边的朝吐沟和西大山的朝吐沟组流纹岩中分别获得 360.3 ± 1.4 Ma 和 359.4 ± 1.4 Ma 的年龄值^[8,11],指示朝吐沟组的时代为晚泥盆世,至于其是否延续到石炭纪,则需要更深入的研究和更多证据的支撑。

朝吐沟组地质时代的厘定,为重新认识华北板块北缘地区晚古生代的构造演化提供了新视野,为重建

当时的古地理格局提供了新材料。

4 结论

(1)内蒙古敖汉旗敖吉乡朝吐沟组老西沟剖面流纹岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄为 374 ± 10 Ma,指示其形成于晚泥盆世。结合前人在朝吐沟、西大山以及赤峰莲花山等地区的研究成果,确定朝吐沟组的地质时代为晚泥盆世。

(2)朝吐沟组时代的厘定,揭示了晚泥盆世大兴安岭南部的华北板块北缘地区处于一个次稳定—非稳定的被动陆缘盆地沉积环境。该发现对认识大兴安岭乃至整个东北地区泥盆纪—石炭纪构造演化以及古地理格局具有重要意义。

致谢:吉林大学地球科学学院的葛文春老师、张彦龙老师在同位素年代学分析及研究过程中,给予了悉心的指导和帮助,在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1]王森,渠洪杰,王欢,等. 内蒙古敖汉旗地区晚泥盆世—早石炭世双峰式火山岩的发现及其地质意义[J]. 地球化学, 2020, 49(2): 150-167.
Wang S, Qu H J, Wang H, et al. Discovery of the Late Devonian-Early Carboniferous bimodal volcanic rocks in the Aohanqi, Inner Mongolia, and their geological significance[J]. Geochimica, 2020, 49(2): 150-167.
- [2]张拴宏,赵越,刘建民,等. 华北地块北缘晚古生代—早中生代岩浆活动期次、特征及构造背景[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(6): 824-842.
Zhang S H, Zhao Y, Liu J M, et al. Geochronology, geochemistry and tectonic setting of the Late Paleozoic-Early Mesozoic magmatism in the northern margin of the North China Block: A preliminary review [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2010, 29(6): 824-842.
- [3]赵越,翟明国,陈虹,等. 华北克拉通及相邻造山带古生代—侏罗纪早期大地构造演化[J]. 中国地质, 2017, 44(1): 44-60.
Zhao Y, Zhai M G, Chen H, et al. Paleozoic-early Jurassic tectonic evolution of North China Craton and its adjacent orogenic belts [J]. Geology in China, 2017, 44(1): 44-60.
- [4]郑月娟,张德军,苏飞,等. 大兴安岭南段幸福之路组新认识及区域对比[J]. 地质通报, 2023, 42(2/3): 201-214.
Zheng Y J, Zhang D J, Su F, et al. New understanding of the Xingfuzhulu Formation in the southern part of the Greater Khingan

①地质部内蒙古自治区地质局第二区测地质测量队二分队. 内蒙古 1:20 万下洼幅区域地质调查报告. 1967.

- Mountains and a correlation with the neighboring areas [J]. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(2-3): 201-214.
- [5] 马帅, 王永诗, 王学军, 等. 华北东部石炭纪—二叠纪沉积充填过程及其对物源区构造演化的响应[J]. *油气地质与采收率*, 2023, 30(4): 1-20.
- Ma S, Wang Y S, Wang X J, et al. Carboniferous-Permian sedimentary filling process in eastern North China and its response to tectonic evolution of provenance area [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2023, 30(4): 1-20.
- [6] 王师捷, 徐仲元, 李长海, 等. 兴蒙造山带中段南缘晚古生代演化过程: 来自苏尼特右旗地区沉积地层及火山岩的证据[J]. *岩石学报*, 2020, 36(8): 2493-2520.
- Wang S J, Xu Z Y, Li C H, et al. Evolution of central-southern margin of the Xing-Meng Orogenic Belt in the Late Paleozoic: Evidence from Carboniferous-Permian sedimentary formation and volcanic rock in Sonid Right Banner, Inner Mongolia [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2020, 36(8): 2493-2520.
- [7] 牛晓露, 刘飞, 冯光英, 等. 华北克拉通北缘晚志留世—早泥盆世钾质碱性岩的成因及对区域构造演化的限定[J]. *岩石矿物学杂志*, 2021, 40(5): 835-858.
- Niu X L, Liu F, Feng G Y, et al. Petrogenesis of the Late Silurian to Early Devonian potassic alkaline rocks on the northern margin of the North China Craton and their constraints on the tectonic evolution [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2021, 40(5): 835-858.
- [8] 孙立新, 张云, 李影, 等. 内蒙古赤峰地区晚泥盆世双峰式火山岩地球化学特征与板内伸展事件[J]. *中国地质*, 2017, 44(2): 371-388.
- Sun L X, Zhang Y, Li Y, et al. Geochemical characteristics and intraplate extension of Late Devonian bimodal volcanic rocks in Chifeng area of Inner Mongolia[J]. *Geology in China*, 2017, 44(2): 371-388.
- [9] 李文国, 李庆富, 姜万德, 等. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-344.
- Li W G, Li Q F, Jiang W D, et al. Stratigraphy (lithostratic) of Nei Mongol Autonomous Region[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 1-344.
- [10] 胡泽瑾. 内蒙古昭乌达盟朝吐沟组时代应为泥盆纪[J]. *中国区域地质*, 1983, 2(6): 141.
- Hu Z J. The Chaotugou Formation in Ju Ud League in Inner Mongolia should be Devonian[J]. *Regional Geology of China*, 1983, 2(6): 141. (in Chinese)
- [11] 孙立新, 任邦方, 滕飞, 等. 内蒙古敖汉旗朝吐沟组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄[J]. *地质通报*, 2015, 34(8): 1493-1501.
- Sun L X, Ren B F, Teng F, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of the volcanic rocks from the Chaotugou formation in Aohan Banner, Inner Mongolia [J]. *Geological Bulletin of China*, 2015, 34(8): 1493-1501.
- [12] 叶浩, 张拴宏, 赵越, 等. 内蒙古赤峰地区泥盆纪晚期火山岩的发现及其地质意义[J]. *地质通报*, 2014, 33(9): 1274-1283.
- Ye H, Zhang S H, Zhao Y, et al. Recognition of the latest Devonian volcanic rocks in Chifeng area, northern North China Block, and its geological implications [J]. *Geological Bulletin of China*, 2014, 33(9): 1274-1283.
- [13] 李莹, 王向东, 胡科毅, 等. 中国石炭纪岩石地层划分和对比[J]. *地层学杂志*, 2021, 45(3): 303-318.
- Li Y, Wang X D, Hu K Y, et al. Lithostratigraphic subdivision and correlation of the Carboniferous in China[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2021, 45(3): 303-318.
- [14] 赵志飞, 高玉石, 张启峰. 内蒙古敖汉旗朝吐沟组新发现动物化石意义[J]. *内蒙古煤炭经济*, 2019, 37(18): 217.
- Zhao Z F, Gao Y S, Zhang Q F. Significance of newly discovered fossils (brachiopod) from the Chaotugou Formation in Aohan Banner, Inner Mongolia [J]. *Inner Mongolia Coal Economy*, 2019, 37(18): 217. (in Chinese)
- [15] 田德欣, 王清海, 葛文春, 等. 内蒙古阿尔山绿水碱长花岗岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及构造意义[J]. *世界地质*, 2013, 32(4): 681-693.
- Tian D X, Wang Q H, Ge W C, et al. Zircon U-Pb ages and geochemical characteristics of Lvshui alkali feldspar granites in Arshan, Inner Mongolia and their tectonic implications [J]. *Global Geology*, 2013, 32(4): 681-693.
- [16] 张健, 张德军, 郑月娟, 等. 内蒙古林西上二叠统林西组碎屑锆石 LA-ICP-MS 年代学及其构造意义[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2020, 50(4): 1090-1103.
- Zhang J, Zhang D J, Zheng Y J, et al. LA-ICP-MS U-Pb dating of detrital zircons and geological implications of Linxi Formation in Linxi County, Inner Mongolia [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2020, 50(4): 1090-1103.
- [17] 袁洪林, 吴福元, 高山, 等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析[J]. *科学通报*, 2003, 48(14): 1511-1520.
- Yuan H L, Wu F Y, Gao S, et al. Determination of U-Pb age and trace element of zircons of Cenozoic intrusion in NE by laser-ablation inductively couple plasma mass spectrometry [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(14): 1511-1520. (in Chinese)
- [18] Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192(1/2): 59-79.
- [19] Pupin J P. Zircon and granite petrology [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1980, 73(3): 207-220.
- [20] Koschek G. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon [J]. *Journal of Microscopy*, 1993, 171(3): 223-232.